

УДК 621.039

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СЛОИСТОЙ ЗАЩИТЕ НА КРАТНОСТЬ ОСЛАБЛЕНИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

С. М. Глухов¹, А. Д. Лёзов², В. Ю. Литовченко³, О. Л. Ташлыков⁴

^{1,2,3,4} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ stepmihgl@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты расчета кратности ослабления гамма-излучения для различных расположений материалов в многослойной защите. Показано влияние на кратность ослабления порядка расположения слоев различных материалов. Определены наиболее эффективные комбинации материалов.

Ключевые слова: слоистая защита, гамма-излучение, кратность ослабления гамма-излучения

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE ARRANGEMENT OF VARIOUS MATERIALS IN MULTILAYER PROTECTION ON THE MULTIPLICITY OF ATTENUATION OF GAMMA RADIATION

S. M. Glukhov¹, A. D. Lezov², V. Yu. Litovchenko³, O. L. Tashlykov⁴

^{1,2,3,4} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ stepmihgl@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of calculating the multiplicity of attenuation of gamma radiation for various arrangements of materials in multilayer protection. The influence on the attenuation factor of the order of the layers of different materials is shown. The most effective combinations of materials have been determined.

Keywords: multilayer protection, gamma radiation, attenuation factor gamma radiation

Оптимизация является одним из трех принципов радиационной безопасности. Принцип оптимизации требует, чтобы облучение человека всегда удерживалось на настолько низком уровне, насколько это разумно достижимо [1].

Основными способами защиты от внешнего облучения являются: защита временем; защита расстоянием; применение защитных экранов.

Экранирование является самым распространенным видом защиты. Использование защитных экранов позволяет человеку длительно работать вблизи источника радиации, оставаясь в безопасности. Используются поглотители необходимой толщины, которая зависит от изотопного состава радиоактивного загрязнения.

Целью работы является определение влияния на коэффициент ослабления различных расположений материалов в защите и выявление наиболее эффективной компоновки материалов для ослабления гамма-излучения определенного источника с помощью базы данных NIST XCOM [2]. Эта база данных позволяет определить массовый коэффициент ослабления излучения гамма-квантов для одного элемента, соединения или смеси элементов (рис. 1).

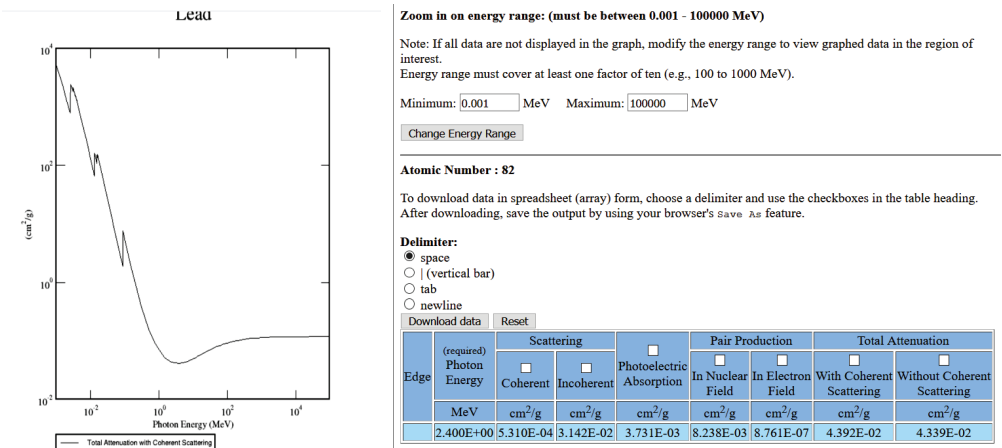


Рис. 1. Окно NIST XCOM при выводе результата для свинца

При расчете многослойной защиты были применены следующие упрощения: рассматривалось только гамма-излучение; защита состоит только из металлов и сплавов. Для оптимизации времени на исследо-

вания были предварительно проведены упрощенные расчеты, позволившие выявить три наиболее перспективные комбинации материалов. Для них были проведены уточненные расчеты.

Материалами, которые были выбраны по критериям доступности, коэффициенту ослабления гамма-излучения и другим параметрам, являются: белый чугун, свинец, висмут.

Поскольку энергия гамма-излучения изменяется при прохождении материалов в защите, используется формула для расчета изменения энергии после каждого слоя [3]:

$$\Delta E = I_0 St (1 - e^{-\mu_L x}).$$

Расчет интенсивности излучения и определение расположения слоев материалов, наиболее эффективных для ослабления гамма-излучения пучка узкой геометрии с учетом изменения энергии, проводился с помощью математического пакета Mathcad (рис. 2).

<p>После слоя белого чугуна</p> $x := 0.5 \cdot \text{cm}$ $I_0 := 0.559$ $\mu_1 := 5.856 \cdot 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{gm}}$ $\rho_1 := 7.75 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$ $\mu_{\text{Fe3C}} := \mu_1 \cdot \rho_1 = 45.384 \frac{1}{\text{m}}$ $I := I_0 \cdot e^{-\mu_{\text{Fe3C}} \cdot x}$ $I = 0.446$ $E := I_0 \cdot (1 - e^{-\mu_{\text{Fe3C}} \cdot x})$ $E = 0.113$	<p>$x := 0.5 \cdot \text{cm}$ После слоя Висмута</p> $\mu_3 := 6.909 \cdot 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{gm}}$ $\rho_3 := 9790 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $I_0 := 1$ $\mu_{\text{Bi}} := \mu_3 \cdot \rho_3 = 67.639 \frac{1}{\text{m}}$ $I := I_0 \cdot e^{-\mu_{\text{Bi}} \cdot x}$ $I = 0.713$ $E := I_0 \cdot (1 - e^{-\mu_{\text{Bi}} \cdot x})$ $E = 0.16$
---	---

Рис. 2. Фрагмент вычислений в математическом пакете Mathcad

На рис. 3 представлены максимальные и минимальные значения кратностей ослабления комбинаций чередования для трех наборов материалов: три различных материала (свинец, висмут, белый чугун); два слоя свинца, один белого чугуна; два слоя висмута, один белого чугуна.

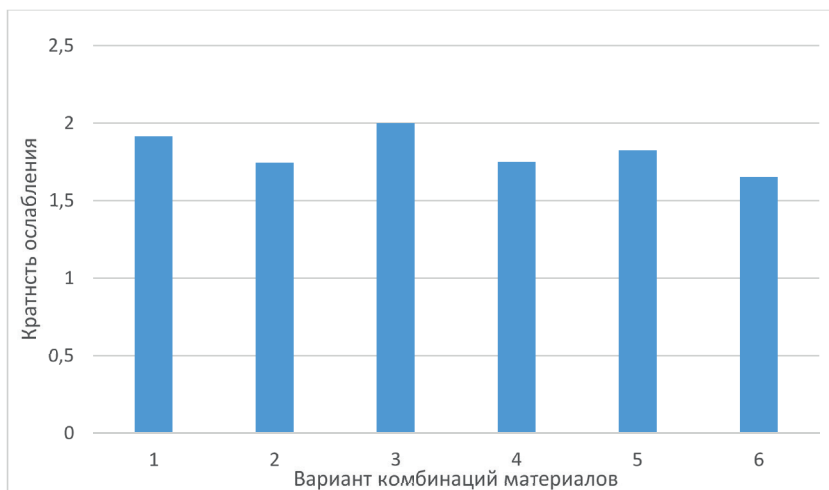


Рис. 3. Данные расчетов для некоторых компоновок:

1 — БЧ—Рb—Bi; 2 — Рb—БЧ—Bi; 3 — БЧ—Рb—Рb;
4 — Рb—Рb—БЧ; 5 — БЧ—Bi—Bi; 6 — Bi—Bi—БЧ

Различия кратности ослабления представленных компоновок: 1 и 2—9,8%; 2 и 3—14,3%; 5 и 6—10,4%.

Проведены расчеты для многослойной защиты от гамма-излучения с помощью программ Mathcad и с использованием базы данных Nist XCOM. При вычислениях различных чередований материалов было выявлено, что кратность ослабления гамма-излучения зависит от порядка расположения материала в слоистой защите.

Список источников

1. Михайлова А. Ф., Ташлыков О. Л. Пути реализации принципа оптимизации в радиологической защите персонала // Ядер. физика и инжиниринг. 2018. Т. 9, № 4. С. 393—401.

2. Element/Compound/Mixture Selection [Электронный ресурс]. URL: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html> (дата обращения: 06.12.2020).

3. Расчет доз, создаваемых внешними источниками ионизирующих излучений [Электронный ресурс]. URL: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/11_radioaktivnye_veshchestva_vrednye_veshchestva_gigienicheskie_normativy/5115 (дата обращения: 06.12.2020).